

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-330038

(43)Date of publication of application : 30.11.2001

(51)Int.Cl.

F16C 33/62  
 C21D 1/06  
 C22C 38/00  
 C22C 38/44  
 C23C 8/26  
 F16C 33/32  
 F16C 33/64  
 // C21D 9/40

(21)Application number : 2000-187068

(71)Applicant : NSK LTD

(22)Date of filing : 22.06.2000

(72)Inventor : TANAKA SUSUMU  
ITO HIROYUKI

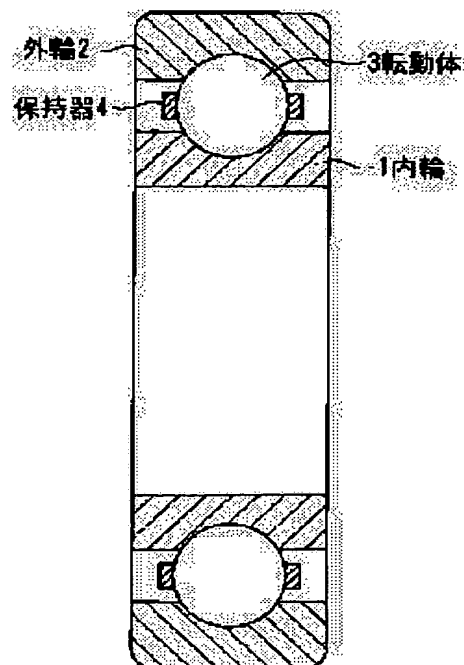
(30)Priority

Priority number : 2000076113 Priority date : 17.03.2000 Priority country : JP

## (54) ROLLING SUPPORTING DEVICE

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a rolling bearing excellent in characteristics of both corrosiveness and durability.  
**SOLUTION:** At least one of an inner ring 1, an outer ring 2, and a rolling element 3 is formed of austenitic stainless steel, and a carburized case of Hv650 or higher is formed on the surface thereof. By forming the carburized case after removing Cr oxide film (fixed state) from the surface of the austenitic stainless steel, both an excellent corrosiveness and an excellent durability can be provided simultaneously.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

BEST AVAILABLE COPY

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-330038

(P2001-330038A)

(43) 公開日 平成13年11月30日 (2001. 11. 30)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード*(参考)
F 1 6 C 33/62		F 1 6 C 33/62	3 J 1 0 1
C 2 1 D 1/06		C 2 1 D 1/06	A 4 K 0 2 8
C 2 2 C 38/00	3 0 2	C 2 2 C 38/00	3 0 2 Z 4 K 0 4 2
38/44		38/44	
C 2 3 C 8/26		C 2 3 C 8/26	

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 11 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2000-187068(P2000-187068)

(22) 出願日 平成12年6月22日(2000. 6. 22)

(31) 優先権主張番号 特願2000-76113(P2000-76113)

(32) 優先日 平成12年3月17日(2000. 3. 17)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000004204  
日本精工株式会社  
東京都品川区大崎1丁目6番3号

(72) 発明者 田中 進  
神奈川県藤沢市鶴沼神明一丁目5番50号  
日本精工株式会社内

(72) 発明者 伊藤 裕之  
神奈川県藤沢市鶴沼神明一丁目5番50号  
日本精工株式会社内

(74) 代理人 100066980  
弁理士 森 哲也 (外2名)

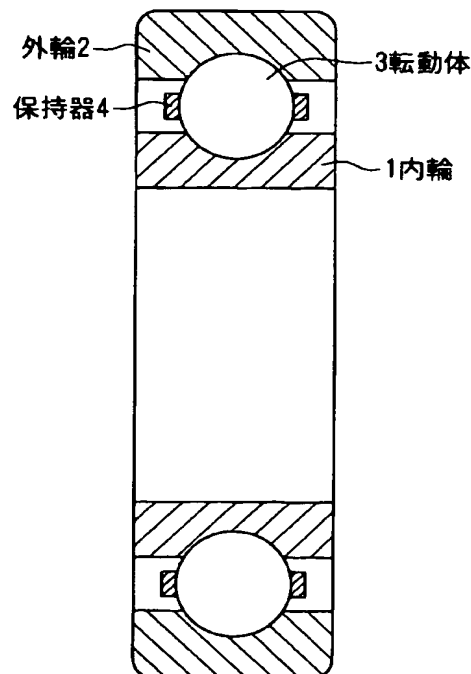
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 転がり支持装置

(57) 【要約】

【課題】耐食性及び耐久性の両特性が共に優れた転がり軸受を提供する。

【解決手段】内輪1と外輪2と転動体3との少なくとも一つを、オーステナイト系ステンレス鋼で構成し、且つその表面にHv650以上の浸炭硬化層を形成した。オーステナイト系ステンレス鋼表面のCr酸化膜(不働態)を除去してから浸炭硬化層を形成することで、優れた耐食性と耐久性とが同時に得られる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 固定体と移動体との間に介装され、構成部品として、転動体と、転動体の軌道を有し固定体側および移動体側に固定される各軌道部材とを少なくとも備え、転動体が軌道を転がり移動することにより固定体に対する移動体の移動を許容する転がり支持装置において、

固定体側に固定される軌道部材、移動体側に固定される軌道部材、および転動体の少なくとも一つは、オーステナイト系ステンレス鋼からなり、且つその表面にビッカース硬さ（Hv）650以上の浸炭硬化層を有することを特徴とする転がり支持装置。

【請求項 2】 固定体と移動体との間に介装され、構成 \*

$$Ni \text{ 当量} = Ni + Co + 0.5Mn + 0.3Cu + 2.5N + 3.0C \cdots (1)$$

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、転がり支持装置（転がり軸受、ボールねじ、およびリニアガイド等）に関し、特に高い耐食性が要求される用途、および高い耐食性と非磁性が要求される用途に好適な転がり支持装置

【0002】

【従来の技術】 従来より、転がり支持装置の軌道部材の材料としては、軸受鋼であれば S U J 2 が、肌焼鋼であれば S C R 4 2 0 や S C M 4 2 0 相当の鋼材等が使用されている。一般に、転がり支持装置は、高面圧下で繰り返しせん断応力を受けて用いられるため、せん断応力に耐えて転がり疲労寿命を確保するべく、軸受鋼は焼入・焼戻し、肌焼鋼は浸炭または浸炭窒化処理後に焼入・焼戻しが施されて H R C 5 8 ~ 6 4 の硬度とされている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、転がり支持装置の使用環境は多種多様である。例えば、液晶・半導体製造設備や食品機械等のように、腐食環境下で使用される機械装置類用の転がり支持装置の場合、材料に軸受鋼を用いたのでは早期に発錆して軸受寿命に至ることがある。そこで、このように耐食性が要求される場合の材料にはステンレス鋼が使用される場合が多い。

【0004】 ステンレス鋼は大きく分けて、オーステナイト系、フェライト系、オーステナイト・フェライト 2 相系、マルテンサイト系、析出硬化系の 5 つに大別できる。転がり軸受では、転動体と外輪または内輪との接触部位において、摩耗と大きなせん断応力を受けるため、硬さが大きくて耐摩耗性に優れるマルテンサイト系ステンレス鋼が主として用いられている。中でも、最も高硬度な S U S 4 4 0 C の使用実績が高い。しかし、S U S 4 4 0 C に代表されるマルテンサイト系ステンレス鋼は、他のステンレスに比較して耐食性に劣り、必ずしも満足できるものではない。

【0005】 一方、オーステナイト系、フェライト系な

\* 部品として、転動体と、転動体の軌道を有し固定体側および移動体側に固定される各軌道部材とを少なくとも備え、転動体が軌道を転がり移動することにより固定体に対する移動体の移動を許容する転がり支持装置において、

少なくとも移動体側に固定される軌道部材は、下記の

（1）式で示される Ni 当量が 1 2 . 0 以上であるオーステナイト系ステンレス鋼からなり、且つその表面に、実質的に炭化物を含まない浸炭硬化層を、ビッカース硬さ（Hv）650以上の表面硬さで、且つ転動体の直径の 0 . 5 % 以上の厚さで有することを特徴とする転がり支持装置。

マルテンサイト系以外のステンレス鋼は耐食性には優れているが、転がり支持装置に要求される程度の十分な硬さがなく、十分な耐摩耗性や転がり寿命が得られていない。特に耐食性が求められる場合には、浸炭あるいは浸炭窒化処理した肌焼鋼に硬質 C r めつきやフッ素を含む材料からなる被膜、あるいはこれら以外の各種耐食被膜を施したものが使用されている。しかし、このような母相と不連続であるデポジット被膜では膜強度が不足して剥離しやすく、転がり支持装置として十分な耐久性が得られないという問題があった。

【0006】 本発明は、このような従来技術の相反する諸問題を解決すべく開発されたものであり、耐食性及び耐久性の両特性が共に優れた転がり支持装置を提供することを第 1 の課題とする。一方、液晶や半導体素子の製造設備、医療検査装置、リニアモーターカー等の磁場が問題となる装置では、駆動部が磁性材料で形成されると、駆動時に周囲の磁場が乱されて装置の性能が低下する場合がある。そのため、このような装置に使用される転がり支持装置の構成部品としては、非磁性材料製のものを使用する必要がある。従来は、ベリリウム銅合金製やセラミックス製の構成部品が使用されていた。

【0007】 しかし、ベリリウム銅合金は酸化が起り易く、この酸化物が有毒物質であるため、転がり支持装置の構成部品の材料としてベリリウム銅合金を使用することは、環境問題の点から好ましくない。また、ベリリウム銅合金製のものは、硬さがロックウェル C 硬度（H R C）で 4 0 程度と低いため、耐久性の点でも問題がある。また、転がり支持装置の構成部品の材料としてセラミックスを使用すると、コストが高いとともに、大型化や薄型化が困難であるという問題がある。

【0008】 そのため、近年では、M n - C r - V 系または M n - C r - N i - V 系の析出硬化型オーステナイト系非磁性鋼が使用されるようになってきている。しかし、これらの鋼はマルテンサイト系ステンレス鋼よりも幾分耐食性には優れるが十分ではなく、また、硬さが H R C で 4 5 程度であるため、これらの鋼をそのまま用い

ても耐久性の問題は解決されない。

【0009】これらの鋼の表面硬さを向上させる方法としては、第1に、PVD法やCVD法により表面に硬質なセラミックス被膜を形成する方法が挙げられる。この方法では、セラミックス被膜が母材と不連続に形成されるため、高い接触応力を受けた際にこの被膜が母材から剥がれる恐れがある。したがって、この方法では、転がり支持装置の構成部品として十分な耐久性が得られない。

【0010】第2の方法としては、冷間加工を行って表面を加工硬化させる方法が挙げられる。この方法では、加工誘起による変態が生じてオーステナイトがマルテンサイト化するため、磁性を帯びるという問題がある。第3の方法としては、浸炭または浸炭窒化等の熱処理法が挙げられるが、オーステナイト系非磁性鋼は一般的な軸受鋼と異なって浸炭され難い。また、この鋼は、マルテンサイト変態を利用した硬度の増大が期待できないため、例えば、表面層に炭化物または炭窒化物を大量に析出させて硬化させる必要がある。この場合には、炭素との親和性が高いCrが優先的に炭化物となって析出することによって、非磁性や耐食性が低下する恐れがある。

【0011】以上のように、従来の方法では、転がり支持装置の構成部品として、非磁性材料からなり、且つ十分な耐久性および耐食性を有するものは得られていない。本発明はこのような従来技術の問題点に着目してなされたものであり、非磁性であって、しかも耐久性および耐食性に優れた構成部品からなる転がり支持装置を提供することを第2の課題とする。

#### 【0012】

【課題を解決するための手段】本発明者らは、耐食性に優れるオーステナイト系ステンレス鋼を母材とし、その表面層に熱処理による表面改質を行ない、耐食性及び耐久性を飛躍的に高めることができないかについて検討した。オーステナイト系ステンレス鋼は表面にCr酸化被膜（不動態被膜）を有しているため、浸炭が困難であることは良く知られており、ガス浸炭によってその表面層を改質することは容易ではない。

【0013】例えば、ステンレス鋼の表面改質法としては、イオン窒化あるいはプラズマ浸炭処理などが代表的であるが、これらは放電現象を利用するものであるため、量産性に欠けるだけでなく、複雑な形状をもつ製品に対して均一な処理層を形成させることが難しい。そのため、ガス反応を利用した表面改質処理法を採用することが好ましいが、オーステナイト系ステンレス鋼においてはガス反応を阻害する酸化被膜（上述のCr酸化被膜）が存在するために、従来の窒化や浸炭方法では均一な処理層を形成することができない。

【0014】そこで、本発明者らは、Cr酸化被膜を除去するために、窒化あるいは浸炭処理の前処理としてフッ化処理を行なうことにより、ガス反応による表面改質

処理が可能であるかどうかについて検討した。まず、窒化系のフッ化処理を行なう「Nv窒化プロセス（大同ほくさん株式会社の商品名）」の採用可否を検討した。この処理は、窒化処理の前処理として、NF<sub>3</sub>（三フッ化窒素）等のフッ素ガスを用いて200～400℃程度でフッ化処理を行なうプロセスと、NH<sub>3</sub>ガスによる窒化処理を行なうプロセスとからなる。フッ化処理によって、窒化反応を阻害するCr酸化層が除去されて、表面層に非常に薄いフッ化層が形成されて表面が極めて活性化し、その後の窒化処理によって、安定的に均一な窒化層を形成させることが可能となる。

【0015】しかし、オーステナイト系ステンレス鋼の場合には、窒化層がオーステナイトから窒素化合物へと変化することによってHv1000以上の硬度が得られる。これに伴って摺動性が飛躍的に改善されるのであるが、その反面、オーステナイト系ステンレス鋼自体は非常に硬度が低い。そのためこの方法では、転がり支持装置が受ける大きな接触応力を、表面に形成された窒化層（非常に薄く、しかも脆い化合物からなる窒化層）だけでは支えきれず、十分な耐久性が得られない。また、母材の持つ耐食性や非磁性も損なわれるという問題がある。

【0016】次に、窒化系とは異なる浸炭系のプロセス、例えば、「パイオナイトプロセス（大同ほくさん株式会社の商品名）」が好適に利用できるか否かを検討した。この処理は、浸炭処理の前処理として、NF<sub>3</sub>（三フッ化窒素）等のフッ素ガスを用いて200～400℃程度でフッ化処理を行なう点で、前述のNv窒化プロセスと同様である。しかし、その後はNH<sub>3</sub>ガスによる窒化処理を行なうプロセスではなく、浸炭性ガスによる浸炭処理を行なう点が上記Nv窒化プロセスとは異なっている。すなわち、フッ素ガスを用いてフッ化処理を行なうプロセスと、浸炭性ガスを用いて浸炭処理を行なうプロセスとからなっている。

【0017】この方法によれば、フッ化処理によって、浸炭反応を阻害するCr酸化層が除去されて、表面層に非常に薄いフッ化層が形成される。これにより表面が極めて活性化され、その後の浸炭処理によって、安定的に均一な浸炭硬化層を形成させることが可能となる。なお、浸炭処理は800℃以上の高温で行われるのが一般的であるのに対し、このパイオナイトプロセスにあっては、500℃程度の低温で浸炭処理する。

【0018】かくして、本発明者らは、オーステナイト系ステンレス鋼を用いて所望の形状に加工を施し、最終的にフッ化処理しCr酸化被膜からなる不動態膜を除去して表面を活性化し、しかる後当該表面層に実質的には炭化物を含有しない浸炭硬化層を形成させる（浸透した炭素により炭化物が生成した場合、この炭化物が耐食性を悪化させるので、オーステナイト結晶構造の隙間にこの炭素を固溶させる）ことで、より耐食性、耐久性に優



5

れる転がり支持装置（転がり軸受その他の転動装置）を提供できることを見いだして本発明をなすに至った。

【0019】本発明は、外方部材と内方部材とが、その間に挿入された複数の転動体の転動を介して相対移動するようにした転がり軸受その他の転動装置に係り、外方部材、内方部材及び転動体の少なくとも一つが、オーステナイト系ステンレス鋼からなり、且つその表面にHv650以上の浸炭硬化層を形成させたものであることを特徴とする。

【0020】すなわち、第1の課題を解決するために、本発明は、固定体と移動体との間に介装され、構成部品として、転動体と、転動体の軌道を有し固定体側および移動体側に固定される各軌道部材とを少なくとも備え、転動体が軌道を転がり移動することにより固定体に対する移動体の移動を許容する転がり支持装置において、固定体側に固定される軌道部材、移動体側に固定される軌道部材、および転動体の少なくとも一つは、オーステナイト系ステンレス鋼からなり、且つその表面にピッカース硬さ（Hv）650以上の浸炭硬化層を有することを特徴とする転がり支持装置を提供する。

【0021】本発明にいう転動装置とは、外方部材と内方部材とが、その間に挿入された複数の転動体の転動を介して相対移動するようにした装置の総称であって、具体的には転がり軸受の他、例えばボールねじや直動案内装置等を包含する。ここで、外方部材とは、転がり軸受の外輪、ボールねじのナット、直動案内装置のベアリング（スライダ）等を指し、内方部材とは、転がり軸受の内輪、ボールねじのねじ軸、直動案内装置のガイドレール等を指すものとする。

【0022】前記浸炭硬化層の形成は、540℃以下の処理温度で行うことが好ましい。すなわち、浸炭処理温度が600℃以上になると、炭素が鋼中のCrと結合してCr炭化物が形成されて耐食性が低下し、また熱処理後の寸法変化が大きくなる。これに対し540℃より低い処理温度では、浸炭により浸透する炭素がCrと結合しにくくて、オーステナイトの面心立方格子のすきまに単に固溶浸透して硬化するにすぎず、実質炭化物の存在しない靱性の高い表面硬化層が得られるのである。寸法変化も小さい。この実質炭化物の存在しない表面硬化層とは、浸炭した炭素に起因して形成されたことが明らかな炭化物の存在が、光学顕微鏡（倍率400～600倍）で確認できないものであることとする。したがって、溶体化処理後に非常に僅かに残留するような程度の炭化物は含まれない。

【0023】また、前記オーステナイト系ステンレス鋼におけるS含有量を0.030重量%（以下、同じ）以下にすることが好ましい。Sが0.030重量%を超えると浸炭性が阻害される。且つ、耐食性の点でも有害である。また、前記オーステナイト系ステンレス鋼の組成をCr%+3.3Mo%≥20.0（%）とすることが



特開2001-330038

6

(4)

できる。Cr、Moは共に鋼の耐食性を向上させるに有効な元素であり、複合添加される場合に特に効果がある。特に、Moは耐孔食性を著しく向上させる作用がある（MoはCrの3.3倍の耐孔食性を有する）。そのため、耐食性及び耐孔食性の観点から、Cr+3.3Moが20%以上であることが好ましい。

【0024】また、一般に、Cr、Moは、共に浸炭性を阻害する元素として知られているが、本発明による浸炭方法の場合は逆に浸炭性を高める元素となっており、Cr+3.3Moが20%以上であるオーステナイト系ステンレス鋼の場合に、特に浸炭性が良好となり、硬化層深さ、表面硬さともに向上する傾向にある。よって、オーステナイト系ステンレス鋼の組成の下限をCr+3.3Mo≥20.0（%）とすることが好ましい。

【0025】一方、Cr+3.3Moの値の上限値については、33.2%とすることが好ましい。その理由は、本発明に使用するオーステナイト系ステンレス鋼としてはMoを含むSUS316が望ましく、そのCr+3.3Mo（%）の上限値はCr（19.0）+3.3×Mo（2.75）=28.1（%）であるが、同じくMoを含むSUS317の場合には、上限値はCr（20.0）+3.3×Mo（4.0）=33.2（%）となるためである。

【0026】なお、本発明においては、Moを含まないオーステナイト系ステンレス鋼であっても、Crのみで上記条件を満たすものであれば本発明の範囲とする。また、本発明においては、上記浸炭硬化層の厚さを、転動体径Daの少なくとも0.5%以上とすることができる。その理由は、浸炭硬化層の深さがこれより小さいと、転動体と外方部材或いは転動体と内方部材との接触面で高い接触応力を受けた際に、母材の強度が不足することから容易に塑性変形が起り、十分な寿命が確保できないからである。浸炭硬化層の深さを転動体径Daの0.5%以上確保すると、耐摩耗性に加えて、表面強度の増加及び芯部の加工硬化などの影響から、耐久性が飛躍的に向上するのである。

【0027】浸炭硬化層の厚さの範囲については、軸受よりも軽荷重下で使用される場合があるので、上限は2.1%Daとし、下限を0.5%Daとする（表2及び図3参照）。浸炭硬化層の厚さが2.1%Daを超えると浸炭処理時間を長くするかあるいは浸炭処理温度を上げるかのいずれかが必要であるが、処理時間を長くするとコストアップにつながり、処理温度を上げると耐食性の低下を招く。

【0028】さらに、本発明の転動装置（転がり支持装置）は、転動体がセラミックス材料からなるものとする。一方、第2の課題を解決するために、本発明は、固定体と移動体との間に介装され、構成部品として、転動体と、転動体の軌道を有し固定体側および移動体側に固定される各軌道部材とを少なくとも備え、転

動体が軌道を転がり移動することにより固定体に対する移動体の移動を許容する転がり支持装置において、少なくとも移動体側に固定される軌道部材は、下記の(1)式で示されるNi当量が12.0以上であるオーステナイト系ステンレス鋼からなり、且つその表面に、実質的\*

$$\text{Ni 当量} = \text{Ni} + \text{Co} + 0.5\text{Mn} + 0.3\text{Cu} + 2.5\text{N} + 3.0\text{C} \cdots (1)$$

移動体側に固定される軌道部材が、Ni当量12.0未満であるオーステナイト系ステンレス鋼で形成されていると、転がり疲労によって表面下の最大剪断応力位置の付近で加工誘起によるマルテンサイト変態が生じて、この軌道部材の表面が磁性を帯びる恐れがある。

【0030】Ni当量の上限については、転がり支持装置としての性能の点からは特に限定されないが、その他の点から適宜設定される。Ni当量の上限としては、例えば流通性のよいオーステナイト系ステンレス鋼を使用するという点から、20.0とすることが実用的である。また、Niは高価な元素であるためNiの含有量は17重量%以下とし、その他の元素を含有させることによってNi当量を本発明の範囲とすることが好ましい。

【0031】なお、オーステナイト系ステンレス鋼は圧延後の状態でフェライト成分を僅かに含む場合がある。この状態は好ましくなく、フェライト成分の含有によって透磁率が劣化したり、浸炭の際にフェライト成分が浸炭ガスと反応し、生じた炭化物が耐食性を低下させることがある。そのため、溶体化処理されたオーステナイト系ステンレス鋼を使用することが好ましい。

【0032】前記浸炭硬化層の表面硬さをビッカース硬さ(Hv)650以上とし、且つその厚さを転動体の直径の0.5%以上とすることにより、耐摩耗性および耐荷重性が良好となって十分な耐久性が得られる。実質的に炭化物を含まない浸炭硬化層は、例えば以下の方法で形成される。まず、浸炭または浸炭窒化を行う前に、オーステナイト系ステンレス鋼の表面に形成されているCr酸化被膜(不働態被膜)をフッ化処理によって除去する。このフッ化処理は、オーステナイト系ステンレス鋼で所定形状に形成された軌道部材を、例えば3フッ化窒素(NF<sub>3</sub>)の雰囲気下で200~400℃に加熱することで行う。これにより、オーステナイト系ステンレス鋼の表面は、この表面に存在するCr酸化被膜がフッ化されて、浸炭または浸炭窒化され易い状態に活性化される。

【0033】次に、このフッ化処理された軌道部材に対して浸炭または浸炭窒化を行う。この浸炭または浸炭窒化は540℃以下の温度で行うことが好ましい。その理由は前述の通りである。浸炭処理としては、例えば、RXガスとCO<sub>2</sub>ガスの混合ガス雰囲気下、460~520℃に加熱保持することにより行う。または、アセチレンあるいはエチレン等の不飽和炭化水素ガスを用いて、133Pa以下の真空あるいは減圧下で460~520℃に加熱保持することにより行う。

\*に炭化物を含まない浸炭硬化層を、ビッカース硬さ(Hv)650以上の表面硬さで、且つ転動体の直径の0.5%以上の厚さで有することを特徴とする転がり支持装置を提供する。

【0029】

【0034】前者の浸炭方法では、鉄が酸化されて黒色のFe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>からなる酸化層が形成されることにより、外観性能および耐食性が低下することがある。そのため、浸炭処理後に酸洗処理を行ってこの酸化層を除去することが好ましい。後者の浸炭方法ではこのような酸化層がほとんど発生しないため、後処理としてはソフトブラストを行うだけで特に問題は生じない。したがって、後者の浸炭方法を採用することが好ましい。

【0035】なお、これらの限定は、少なくとも移動体側に固定される軌道部材についてのものであり、その他の構成部品(固定体側に固定される軌道部材、転動体等)についてはこれらの限定は適用されず、材料として、SUJ2等の軸受鋼やマルテンサイト系ステンレス鋼等を用いてもよい。また、転動体としては、窒化珪素、ジルコニア、アルミナ、炭化珪素等のセラミックス製とすることが好ましい。これにより、転動体と軌道部材との摩擦および摩耗が低減されるため、耐久性がより高くなる。

【0036】

【発明の実施の形態】[第1実施形態]以下、本発明の転動装置の実施の形態を図面を参照して説明する。図1は、本発明の一実施形態である転がり軸受の断面図である。この転がり軸受は、複数の転動体(ボール)3と、それよりも内方に位置する内輪1と、それよりも外方に位置する外輪2とからなり、転動体3は内輪1と外輪2との間に保持されながら、転がり案内される。このとき、内輪1及び外輪2には、転動体3を案内するための転動溝が設けられており、転動体3は、前記転動溝において保持器4によって等配に保持されている。

【0037】この実施形態の全ての実施例および比較例では、図1の構造を有する転がり軸受として玉軸受695(JIS呼び番号)を組み立てて、軸受の静粛性及び各種耐久性の評価試験を行った。なお、実施例および比較例の軸受に組み込まれる転動体としては、SUS440C製またはSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>製の転動体を使用し、保持器としてはフッ素樹脂製の保持器を使用した。

【0038】内方部材である内輪(軌道部材)1、外方部材である外輪(軌道部材)2、及び転動体3を構成する母材としては、オーステナイト系ステンレス鋼が使用される。具体的には、SUS304、SUS316、SUS317等が挙げられる。好ましくはこれらの鋼を固溶化熱処理したものを使用する。また、一般に、オーステナイト系ステンレス鋼は切削性が良くないため、SやSe、Te、Pb等の快削元素を含むものが多く、フェ

ライト系ステンレス鋼であれば SUS430F、オーステナイト系ステンレス鋼であれば SUS303 や SUS303Se 等が例示できる。これらのうち特に S は、浸炭性を阻害する作用を有し、耐食性の点でも有害であるから、その含有量を 0.03% 以下に限定する。また、含有する Cr 量と Mo 量との関係を、 $Cr\% + 3.3Mo\% \geq 20.0$  (%) を満足するようにすると、特に高い耐食性と表面硬度が得られるため好ましい。

【0039】これらの素材を所定の形状に加工した後、最終的に表面層に表面硬化処理が施される。本発明におけるオーステナイト系ステンレス鋼の表面改質法として、例えば先に述べた、パイオナイトプロセスが好適に利用できる。浸炭処理の前処理として行うこの処理は、①NF<sub>3</sub> 等のフッ素ガスを用いて 200~400℃ 程度でフッ化処理を行なうプロセスと、②浸炭性ガスによる浸炭処理を行なうプロセスとからなる。①のフッ化処理により、浸炭反応を阻害する Cr 酸化層が除去されて表面層に非常に薄いフッ化層が形成され、表面が極めて活性化される。そのため②の浸炭処理で安定した均一な浸炭硬化層を形成させることができる。

【0040】この場合の浸炭処理温度は、500℃ 程度の低温である。浸炭処理温度が 600℃ 以上になると、炭素が鋼中の Cr と結合して Cr 炭化物となって耐食性が低下すると共に、熱処理後の寸法変化が大きくなるから、540℃ 以下とするのが好ましい。540℃ より低いと、浸炭により浸透する炭素が Cr と結合しにくく、オーステナイトの面心立方格子のすきまに単に固溶浸透して硬化するため、実質炭化物の存在しない靱性の高い表面硬化層が得られ、寸法変化も極めて小さい。好ましくはその表面硬さを HRC60 (Hv697) 以上、さらに好ましくは HRC62 (Hv746) 以上とする。

【0041】なお、浸炭性ガスには、CO、CO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub> 等の混合ガスが使用される。本処理を行なった後は、最表面層は CO<sub>2</sub> ガスによる Fe の酸化が起こり、Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> からなる黒色の酸化層を形成し、耐食性が低下す\*

記号	Cr %	Mo %	S %	Cr+3.3Mo %	備考
A-1	17.94	—	0.17	17.94	SUS303 固溶化熱処理品
A-2	18.76	—	0.026	18.76	SUS304 未固溶化熱処理品
A-3	18.87	—	0.025	18.87	SUS304 固溶化熱処理品
A-4	16.87	2.1	0.024	23.80	SUS316 固溶化熱処理品
A-5	17.12	2.6	0.025	25.70	SUS316 固溶化熱処理品

【0046】その後、以下の条件で種々の熱処理を施した。

熱処理条件 A : 260~350℃ で 20~30 分、窒素に 10% の三フッ化窒素を混合させたガス中に加熱保持した後、460~520℃ × 30 hr 浸炭ガス中 (RX + CO<sub>2</sub> 混合ガス雰囲気) に加熱保持した。

【0047】熱処理条件 B : 260~350℃ で 20~30 分、窒素に 10% の三フッ化窒素を混合させたガス中に加熱保持した後、460~520℃ × 30 hr、ア

\*る。したがって、浸炭処理後には酸洗処理を行ない、当該黒色酸化層を除去することが好ましい。酸洗処理に用いる処理液は特に限定されるものではなく、フッ酸、硝酸、塩酸、硫酸あるいはこれらの混合液などを用いることができる。

【0042】また、浸炭性ガスとしてアセチレンあるいはエチレン等の不飽和炭化水素ガスを用いて、133Pa 以下の真空あるいは減圧下で浸炭処理を行なうと、耐食性に有害な黒色酸化層の形成が抑制でき、且つ、浸炭時に特に問題となるスチーティングによる浸炭むら等も防止できるためより好ましい。また、母材となるオーステナイト系ステンレス鋼は固溶化熱処理を施されていることが好ましい。これは、鋼中に残存するフェライトが、浸炭時に浸炭性ガスと反応して炭化物となり耐食性を劣化させるのを防止するためである。

【0043】また、完成品表面における浸炭硬化層の厚さが小さいと、十分な耐久性が得られないため、転動体径 Da の少なくとも 0.5% 以上の厚さに浸炭層を形成させる。なお、転動体は、内輪 1 と外輪 2 とに保持され、さらにグリースや潤滑材等により保護されているため、耐食的に問題となるような場合は少ない。よってマルテンサイト系ステンレス鋼であってもよいのである。が、転動体をセラミックスにすると凝着しにくくて摩擦を抑制できるためより好ましい。

【0044】続いて、本実施の形態の転がり軸受について実施した耐久試験の説明をする。耐久性評価は、実施例と比較例とも玉軸受 608 (JIS 呼び番号) で行なった。なお、軸受に組み込まれる転動体は SUS440C 及び Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 製のものを使用し、保持器にはフッ素樹脂保持器を使用した。まず、表 1 に記載した 5 種類の材料 (A-1~A-5) を用いて、旋削加工及び研削加工により内輪及び外輪を所望の形状に加工した。

【0045】

【表 1】

セチレンガスを混入しつつ、39.9Pa の真空減圧下に加熱保持した。

熱処理条件 C : 300~380℃ で 20~30 分、窒素に 10% の三フッ化窒素を混合させたガス中に加熱保持した後、400~450℃ × 48 hr アンモニアと窒素との混合ガス中に加熱保持した。

【0048】また、熱処理条件 A 及び B に関しては、フッ酸と硝酸の混合溶液に 15~20 分浸漬した後、ソフトブラスト処理を施した。熱処理条件 C に関しては、上



記酸洗処理を施すと著しい母材の溶出が認められたため、特にその後の処理は施さなかった。なお、その他比較例として、内外輪が表面硬化処理を施していない通常のオーステナイト系ステンレス鋼の場合、およびマルテンサイト系ステンレス鋼であるSUS440Cの場合についても評価を行なった。

【0049】評価は、真空中におけるトルク寿命試験及び塩水噴霧、孔食電位測定により行なった。トルク寿命試験は、 $1.3 \times 10^{-5}$  Paの真空中で、回転数1000rpm、アキシヤル荷重19.6Nで回転試験を行ない、トルクが初期トルクの2倍に達した時点寿命とし\*

\*て評価した。また、塩水噴霧試験は、軸受の内輪をJIS Z 2371に準拠して塩水噴霧試験を1週間実施し、全く発錆しなかったものを◎、軽微な発錆が認められたものを○、明らかな発錆が認められたものを△、ほぼ全面に著しい発錆が認められたものを×で記載した。

【0050】また、軸受に用いた鋼材から、径18mm×長さ5mmの試験片を切り出し、同様の熱処理を施したのに対して、JIS G 0577に準拠して孔食電位測定を行なった。評価結果を表2に示した。

【0051】

【表2】

実施例 ／比較例	転動体	材料記号 (内外輪)	熱処理	表面硬さ (Hv)	処理層深さ Da比	トルク寿命 ×10 <sup>6</sup> cycles	耐食性	
							塩水噴霧試験	孔食電位
実施例B-1	SUS440C	A-3	条件A	678	0.6	3.8	○	1.0
実施例B-2	SUS440C	A-4	条件A	812	1.4	5.4	◎	1.6
実施例B-3	SUS440C	A-5	条件A	835	1.6	6.1	◎	1.8
実施例B-4	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	A-3	条件A	678	0.6	8.4	○	1.0
実施例B-5	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	A-4	条件A	812	1.4	10.0	◎	1.6
実施例B-6	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	A-5	条件A	835	1.6	10.0	◎	1.8
実施例B-7	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	A-3	条件B	813	1.1	10.0	○	1.1
実施例B-8	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	A-4	条件B	866	1.9	10.0	◎	1.7
実施例B-9	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	A-5	条件B	903	2.1	10.0	◎	1.9
比較例C-1	SUS440C	A-1	なし	196	—	0.1	△	0.5
比較例C-2	SUS440C	A-3	なし	191	—	0.1	○	1.0
比較例C-3	SUS440C	A-4	なし	194	—	0.1	◎	1.0
比較例C-4	SUS440C	A-5	なし	201	—	0.1	◎	1.6
比較例C-5	SUS440C	A-1	条件A	587	0.3	0.6	△	1.8
比較例C-6	SUS440C	A-2	条件A	662	0.6	3.1	△	0.6
比較例C-7	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	A-1	条件B	672	0.4	1.8	△	0.7
比較例C-8	SUS440C	A-1	条件B	672	0.4	0.7	△	0.7
比較例C-9	SUS440C	A-3	条件C	1189	1.0	2.2	△	0.5
比較例C-10	SUS440C	SUS440C	—	697	—	4.7	×	-0.95

【0052】なお、表2中の孔食電位値は、比較例C-2のSUS304の孔食電位を1とした場合の比で示した。すなわち、この値が大きいものほど耐食性に優れていることを示す。また、表2中の表面硬さは、軸受軌道輪の端面を軽く鏡面仕上げした後、ビッカース硬度計により荷重100gで測定した値を記載した。また、処理層深さは、軸受軌道輪を切断した後、熱可塑性樹脂に包埋し、鏡面仕上げした断面にマープル試薬によりエッチングを行ない、明瞭に観察される処理層厚さを顕微鏡で測定した値を記載した。

【0053】表2に示される結果から、本発明の実施例は、トルク寿命、耐食性において比較例より優れていることが確認できる。これに対して、比較例であるC-1～C-4は従来のオーステナイト系ステンレス鋼の場合の例であるが、表面硬さ、耐摩耗性が不十分であるため十分な耐久性が得られない。また、比較例C-5は、内外輪の材料が本発明よりもSを多く含むSUS303の場合の例であるが、Sが浸炭性を阻害するため表面硬さ、処理層深さにおいて本発明よりも劣り、耐久性において本発明よりも劣っている。また、比較例C-6は、

SUS304未固溶化熱処理品を浸炭処理した場合の例であるが、鋼中に残存するフェライトが浸炭性ガスと反応して炭化物となって析出するため、本発明に比較して耐食性が劣っている。

【0054】図2には、比較例C-6と実施例B-6の内輪をX線回折を行なった結果を示す。比較例C-6にはフェライトと炭化物とのピークがそれぞれ観察されるのに対して、実施例では炭化物のピークはほとんど観察されない。また、比較例C-7、C-8は、処理層深さが転動体径Daの0.5%に満たない場合の例であるが、応力体積における処理層厚さが小さく、本発明に比較して耐久性に劣っている。

【0055】また、比較例C-9は窒化処理した場合の例であるが、窒化処理した場合には表面層に硬くて脆い化合物層が形成されるため、芯部に十分な硬度を有していないと高い接触応力を受けた際に窒化層が損傷しやすく、本発明よりも耐久性が劣る結果となった。また、耐食性においても、本実施例に比較して劣っている。また、比較例C-10は、従来のSUS440Cの軸受の場合の例であるが、耐食性が本実施例に比較すると著し

く劣っている。

【0056】また、実施例において、浸炭性ガスにRXガスをを用いるより、アセチレン等の不飽和系炭化水素ガスをを用いて真空あるいは減圧下で浸炭処理を行なった方が、軌道輪のより安定した表面品質が得られ、スーティングによる浸炭むらもないため、信頼性の点でもより好ましい。さらに、表面層に黒色の酸化層が形成されるのも抑制できるため、その後の酸洗処理あるいはブラスト処理後の表面がより清浄である。

【0057】図3には、内外輪の表面処理層厚さとトルク寿命との関係を示した。この図3より、処理層厚さが転動体径Daの0.5%以上とする場合に、良好な耐久性が得られる傾向にあることがわかる。また、図4には、鋼中のCr、Mo含有量と孔食電位との関係を示した。この図4より、Cr+3.3Mo%の値が20%以上の場合に、特に良好な耐食性が得られていることがわかる。

【0058】なお、上記の実施の形態は、転動装置が転がり軸受である場合について述べたが、ボールねじや直動案内装置等を包含するその他の転動装置にも、本発明を同様に適用できる。

【第2実施形態】JIS呼び番号608の玉軸受を次のようにして作製した。この玉軸受は、図1に示すように、内輪1、外輪2、玉（転動体）3、および保持器4で構成される。

【0059】内輪および外輪については、まず、下記の表3に示す各鉄鋼材料からなる素材を旋盤で切削することにより、所定形状に加工した。鉄鋼材料としては、オーステナイト系ステンレス鋼（SUS316、SUS316L、SUS316J1、SUS317、SUS317J1、SUS303、SUS304）と、Mn-Cr-Ni-V系の析出硬化型オーステナイト系非磁性鋼（日立金属（株）製「YHD50」）であって、溶体化処理されたものを用意した。

【0060】次に、オーステナイト系ステンレス鋼からなる内輪および外輪については、研削仕上げ加工をした後、以下の条件でフッ化処理を施した。フッ化処理条件は、温度：260～350℃、雰囲気ガス：窒素

（N<sub>2</sub>）と3フッ化窒素（NF<sub>3</sub>）との混合ガス（NF<sub>3</sub>10%含有）、処理時間：20～30分である。次に、以下の条件で浸炭処理を行った。浸炭処理条件は、温度：460～520℃、浸炭ガス：アセチレンガス、処理時間：12～60時間、雰囲気圧力：39.9Paの真空減圧下である。次に、ソフトブラスト処理による表面仕上げを行った。

【0061】「YHD50」からなる内輪および外輪に

については、680～720℃で4～5時間時効処理を行った後、研削仕上げ加工を行った。以上の方法で得られた内輪および外輪について、表面硬さと浸炭硬化層の厚さを測定した。表面硬さは、内輪の端面（軸方向の一端面）を研磨して鏡面とし、この鏡面に対して荷重50gでビッカース硬さ試験を行った。浸炭硬化層の厚さは以下の方法で測定した。

【0062】まず、内輪から切り出したサンプルを樹脂に埋め込んだ状態で鏡面研磨することにより、サンプルの断面を露出させた。次に、この断面をマープル試薬でエッチングした後、このエッチングされた断面を顕微鏡で観察し、白く見える部分の厚さを測定した。この測定値を転動体の直径で割り算をすることにより、転動体の直径に対する浸炭硬化層の厚さの比率（%）を算出した。これらの結果も下記の表3に併せて示す。

【0063】これらの内輪および外輪と、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>製の転動体と、フッ素樹脂製の保持器を用いて、実施例1～6と比較例1～4の各転がり軸受を組み立てた。なお、内輪と外輪は、同じ材料で同じ処理を施したものを組み合わせて用いた。このようにして作製された各転がり軸受について、真空下でのトルク寿命試験と、透磁率測定と、耐食性試験を行った。

【0064】トルク寿命試験の試験条件は、アキシヤル荷重：19.6N、回転速度：1000rpm、温度：25℃、真空度：1.3×10<sup>-5</sup>Paとした。トルク検出値が初期値の2倍となったときの回転数を「トルク寿命」として測定した。ただし、回転数が10×10<sup>6</sup>回以上となってもトルク検出が初期値の2倍に達しない場合は、回転試験を中止して、回転寿命を10×10<sup>6</sup>回以上と判定した。

【0065】透磁率の測定は、振動式型磁力計を用いてトルク寿命試験の前後に行い、トルク寿命試験による透磁率の劣化量を算出した。耐食性試験としては、「JISZ 2371」に準拠して塩水噴霧試験を1週間実施した。塩水噴霧試験の結果は、この試験後に錆の発生が全くなかった場合を「○」、僅かな錆が認められた場合を「△」、錆の発生が著しく認められた場合を「×」として評価した。

【0066】これらの試験結果も下記の表3に併せて示す。また、これらの結果から得られた「硬化層厚さの転動体直径（Da）に対する比とトルク寿命との関係」を図5に、「使用した鋼のNi当量とトルク寿命試験による透磁率の劣化量との関係」を図6に、それぞれグラフで示す。

【0067】

【表3】

	内輪・外輪				トルク寿命 (回)	透磁率 ( $\mu$ )		塩水 噴霧 試験 結果
	材料の 鋼種	材料の Ni当量	表面硬さ (Hv)	硬化層厚さ の比(%)		試験前	劣化量	
実施例 1	SUS316	12.8	785	0.6	$8.8 \times 10^6$	1.007	0.009	○
実施例 2	SUS316	12.8	798	1.3	$10.0 \times 10^6$	1.006	0.008	○
実施例 3	SUS316L	14.6	835	1.4	$10.0 \times 10^6$	1.006	$\leq 0.004$	○
実施例 4	SUS316J1	15.2	824	1.6	$10.0 \times 10^6$	1.005	$\leq 0.004$	○
実施例 5	SUS317	15.8	889	1.7	$10.0 \times 10^6$	1.006	$\leq 0.004$	○
実施例 6	SUS317J1	17.6	907	1.7	$10.0 \times 10^6$	1.004	$\leq 0.004$	○
比較例 1	SUS303	10.8	602	0.4	$1.6 \times 10^6$	1.035	0.057	×
比較例 2	SUS304	11.3	765	0.6	$8.1 \times 10^6$	1.021	0.043	△
比較例 3	SUS316	12.8	745	0.4	$2.4 \times 10^6$	1.006	0.008	○
比較例 4	YH50	27.8	446	硬化層なし	$1.2 \times 10^6$	1.008	$\leq 0.004$	×

【0068】この表から分かるように、内輪および外輪が本願発明の請求項2の全ての構成要件を満たす実施例1～6の転がり軸受は、トルク寿命、非透磁率、耐食性の全てが良好であった。すなわち、トルク寿命が長く、試験前の透磁率が小さく、透磁率の劣化量が小さく、塩水噴霧試験結果が「○」であった。これに対して、前記構成要件のいずれか1つ以上を満たさない比較例1～4の転がり軸受は、トルク寿命、非磁性、耐食性の少なくともいずれかの点が良好ではなかった。

【0069】比較例1は、Ni当量が12.0未満であるため、試験前の透磁率および透磁率の劣化量が比較的大きくなり、非磁性の点で劣っていた。また、表面硬さがHv602と小さく、硬化層厚さの転動体直径(Da)に対する比も0.5未満であったため、トルク寿命および耐食性の点でも劣っていた。比較例2は、Ni当量が12.0未満であるため、試験前の透磁率および透磁率の劣化量が比較的大きくなり、非磁性の点で劣っていた。比較例3は、硬化層厚さの転動体直径(Da)に対する比が0.5未満であったため、トルク寿命の点で劣っていた。比較例4は、表面硬さがHv446と小さいことから、トルク寿命および耐食性の点で劣っていた。

【0070】また、図5のグラフから、硬化層厚さの転動体直径(Da)に対する比が0.5以上であると、トルク寿命が良好となることが分かる。図6のグラフから、使用する鋼のNi当量が12.0以上であると、トルク寿命試験による透磁率の劣化量が小さくなることが分かる。すなわち、内輪および外輪に使用する鋼のNi当量を12.0以上とすることによって、転がり疲労を受けても非磁性が良好に保持されることが分かる。

【0071】以上の結果から、本願発明の請求項2に係る転がり軸受は、非磁性であって、しかも耐久性および耐食性に優れたものであることが分かる。なお、この実施形態では、転動体が玉である玉軸受について説明しているが、本発明は、転動体が円筒形である円筒ころ軸受や、転動体が円錐形である円錐ころ軸受にも適用され

る。転動体が円筒形である場合には、円筒の断面円の直径を転動体の直径とする。転動体が円錐形である場合には、円錐の断面円の最大直径と最小直径との平均値を転動体の直径とする。

【0072】また、この実施形態では、転がり支持装置として転がり軸受を例にとって説明しているが、本発明は、転がり軸受以外の転がり支持装置（例えば、ボールねじやリニアガイド）にも適用できる。ボールねじでは、ねじ軸が固定体側の軌道部材であり、ナットが移動体側の軌道部材である。リニアガイドでは、案内レールおよびスライダの一方が固定体側の軌道部材であって、他方が移動体側の軌道部材である。

#### 【0073】

【発明の効果】以上説明したように、本願の請求項1に係る発明によれば、転がり支持装置（転がり軸受及びその他の転動装置）をオーステナイト系ステンレス鋼により構成し、且つその表面層に硬質且つ耐食性に優れた浸炭硬化層を、十分な耐久性が得られる最適な厚さとなるように形成することにより、耐久性及び耐食性を両立できて、信頼性に優れた転がり支持装置（転がり軸受及びその他の転動装置）を提供できる。

【0074】本願の請求項2に係る発明によれば、請求項1の構成に加えて、使用するオーステナイト系ステンレス鋼のNi当量を12.0以上に限定することによって、非磁性であって、しかも耐久性および耐食性に優れた転がり支持装置が提供される。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の転がり軸受の一実施形態を示す縦断面図である。

【図2】第1実施形態の試験結果から得られた、比較例と実施例との内輪のX線回析図である。

【図3】第1実施形態の試験結果から得られた、軌道輪の表面処理層厚さと軸受トルク寿命との関係を表す図である。

【図4】第1実施形態の試験結果から得られた、鋼中のCr、Mo含有量と孔食電位との関係を示す図である。

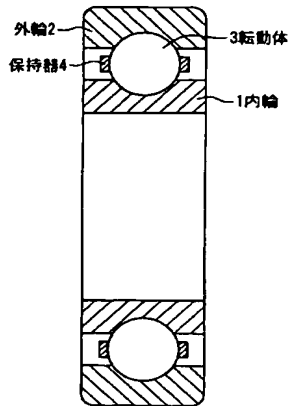
【図5】第2実施形態の試験結果から得られた、内輪および外輪の硬化層厚さの転動体直径（ $D_a$ ）に対する比と、トルク寿命との関係を示すグラフである。

【図6】第2実施形態の試験結果から得られた、内輪および外輪で使用した鋼のNi当量と、トルク寿命試験による透磁率の劣化量との関係を示すグラフである。

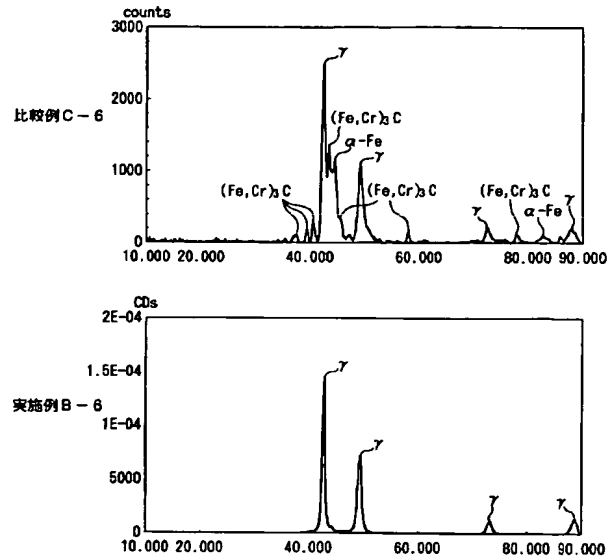
【符号の説明】

- 1 内輪
- 2 外輪
- 3 転動体
- 4 保持器

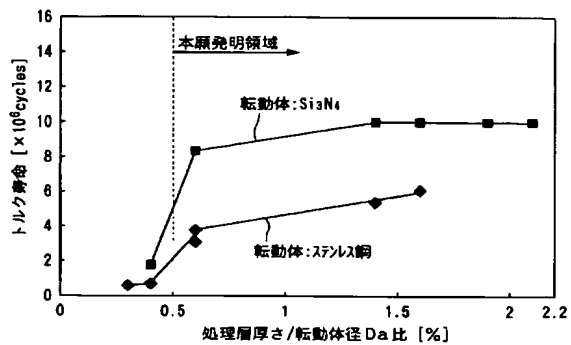
【図1】



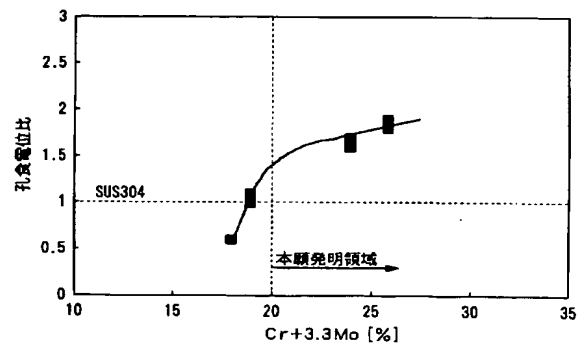
【図2】



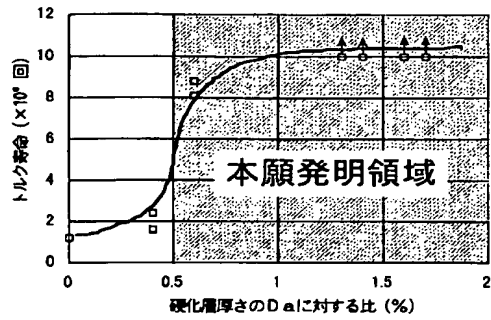
【図3】



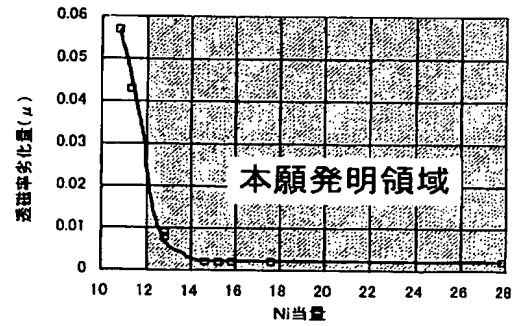
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7

識別記号

F I

ターマコード (参考)

F 1 6 C 33/32

F 1 6 C 33/32

33/64

33/64

// C 2 1 D 9/40

C 2 1 D 9/40

Z

F ターム (参考) 3J101 AA02 AA42 AA52 AA62 BA10  
BA53 BA54 BA70 DA02 EA06  
FA08 FA31 GA55 GA60  
4K028 AA01 AB01 AC08  
4K042 AA22 BA03 CA07 CA08 DA06

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**